Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 383-401

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 401-383

ارزیابی تاثیر زمان مصرف باکتری‌های محرک رشد بر جذب عناصر پرمصرف و عملکرد گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)

مرتضی شیخ‌علیپور[1]، صاحبعلی بلندنظر[2*] و محمدرضا ساریخانی[3]

تاریخ دریافت: 1396/03/20
تاریخ پذیرش: 1396/09/25

شیخ علیپور، پ.، بلندنظر، ص.ع.، و ساریخانی، م.ر. 1398. ارزیابی تأثیر زمان مصرف باکتری‌های محرک رشد بر جذب عناصر پرمصرف و عملکرد گوجه‌فرنگی. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (2): 401-383.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر دو روش مصرف کودهای زیستی شامل بذرمال و محلول‌دهی پای بوته بر عملکرد، جذب عناصر NPK، شاخص‌های کیفی و کمی شامل ویتامین ث، تعداد میوه کل و درصد میوه قابل عرضه به بازار گوجه فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش بذرهای گوجه‌فرنگی رقم سوپر چیف به هنگام کاشت در خزانه و نشاءهای گوجه‌فرنگی هنگام کاشت در زمین اصلی با تیمار تلفیقی جدایه‌های *Pseudomonas* sp. شامل (S10-3+S19-1، S14-3+S19-1 و S19-1+S21-1) تلقیح شدند، علاوه بر آن، شاهد بدون تلقیح باکتری و تیمار کود کامل (براساس نتایج آزمون خاک) به منظور انجام مقایسه لحاظ شد. تیمارها شامل T_1- تلقیح با باکتری‌های S10-1+S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه به روش بذرمال، T_2- تلقیح با باکتری‌های S14-3+S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه به روش بذرمال، T_3- تلقیح با باکتری‌های S19-1+S21-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه به روش بذرمال، T_4- تلقیح خاک با باکتری‌های S10-1 +S19-1 در هنگام کاشت نشاء در زمین اصلی، T_5- تلقیح خاک با باکتری‌های S14-3+S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی، T_6- تلقیح خاک با باکتری‌های S19-1+S21-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی، T_7- شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی و T_8- تیمار کود کامل براساس آنالیز خاک. نتایج نشان داد که اثر زمان تلقیح باکتری‌های فوق بر شاخص‌هایی مثل عملکرد در متر مربع، میزان میوه کل، درصد میوه قابل عرضه به بازار، میزان پتاسیم و ویتامین ث میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد و میزان میوه کل، درصد میوه قابل عرضه به بازار و میزان پتاسیم میوه در تیمار T_2 به ترتیب با مقادیر 4130/9 گرم بر متر مربع و 60/22 ، 31/18 و 4/7 میلی‌گرم بر گرم و بالاترین میزان ویتامین ث در تیمار T_3 با مقدار 7/02 میلی‌گرم در 100 گرم وزن تر میوه بدست آمد. این در حالی بود که سایر صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش شامل درصد نیتروژن و فسفر موجود در برگ‌های گیاه، طول و قطر میوه و درصد ماده خشک تحت تاثیر زمان تلقیح باکتری‌های مورد استفاده قرار نگرفت. باتوجه به نتایج فوق می‌توان به مؤثر بودن زمان تلقیح باکتری‌های مورد استفاده و نوع باکتری مورد استفاده در این آزمایش به عنوان کود زیستی در بهبود عملکرد و کیفیت میوه اشاره کرد.

واژگان کلیدی: پتاسیم، *سودوموناس*، فسفر، کودهای بیولوژیک، نیتروژن

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*lycopersicon esculentum* L.) بعد از سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) دومین محصول مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود (Flores et al., 2010). ایران نیز در سال

1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
2 - استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
3- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: bolandnazar@tabrizu.ac.ir)

Doi:10.22067/jag.v11i2.64681

2011 با سطح زیر کشت 147هزار هکتار و تولید برابر با 6824 هـزار تن از نظر تولید در رتبه هفتم جهان قـرار دارد (FAO, 2011). بـر- اساس این جایگاه جهانی و اهمیت این سبزی در سبد غذایی انسـان، در خصوص جنبه‌های به‌زراعی افزایش عملکـرد ایـن گیـاه اقـدامات زیادی صورت گرفته است کـه از جملـه آنهـا مـی‌تـوان بـه مصـرف کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و استفاده از ارقام اصلاح‌شده آن اشاره نمود. استفاده از کودهای شیمیایی نظیر کودهای نیتروژنـه، فسـفره، پتاسه و عناصر کم‌مصرف ممکن است در کوتاه‌مـدت اثـر مثبتـی بـر افزایش محصول داشته باشند. اما به‌مرور زمان کودهای شیمیایی اثـر منفی بر اکوسیستم خاک گذاشته و مازاد آن با آب باران و یا آبیـاری شسته شده و موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد شد. ادامه ایـن روند مشکلات بسیاری را برای محـیط زیسـت، بـه بـار خواهـد آورد (Saleh-Rastin, 1998).

کشاورزی پایدار یکی از دغدغه‌های اصلی امـروزی بشـر اسـت. یکی از شعارهای کشاورزی پایدار افزایش تولید و تأمین غـذای بشـر بدون تخریب محیطزیست می‌باشد. افزایش جمعیـت جهـانی و نیـاز روزافزون به منابع غذایی، باعث افزایش تولید محصولات کشـاورزی به بهای تخریب محیط زیست می‌شود. یکی از مشکلات اساسی که تولیدات کشاورزی موفق و اقتصادی جهان را محدود مـی‌کنـد فقیـر بودن حاصلخیزی خاک‌ها می‌باشد. اگرچه کودهای شیمیایی، سـریع- ترین راه برای تأمین عناصر غذایی مورد نیـاز گیـاه مـی‌باشـند و در کوتاه‌مدت سبب دستیابی به عملکرد بالا می‌شوند، امـا در بلنـدمـدت سبب آلودگی منابع آبی و خاکی، از بین رفتن ساختمان خاک و کاهش بازده محصولات کشاورزی می‌گردند.

کودهای بیولوژیک قادرند طی چنـدین فرآینـد زیسـتی، عناصـر غذایی را از شکل غیرقابل‌استفاده به شکل قابـل‌اسـتفاده بـرای گیـاه تبدیل کنند و کمبود و رفع نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد را جبران نمایند (Aseretal, 2008). ایده بازگشت به طبیعت و استفاده کمتر از کودها و سموم شیمیایی و تمایل فزاینده مردم به اسـتفاده از محصولات ارگانیک سبب توجه بیش از پیش به استفاده از کودهـای زیستی شده‌است. در ایران نیز به دنبال تغییرات جهانی اقتصاد کود و لزوم توجه به سلامت خاک، محصول و جامعه، توجه جـدی‌تـری بـه کودهای زیستی صورت گرفته است (Saleh Rastin, 2001). تولیـد موفقیت‌آمیز گیاهان مستلزم خـاک مناسـب و وجـود مقـدار کـافی از عناصر غذایی و قابل‌استفاده گیاه است، عناصر غذایی نه تنها باید به- صورت ترکیباتی باشند که به سهولت مورد استفاده گیاه قرار گیرنـد، بلکه تعادل بین مقدار آنها نیز حایز اهمیت اسـت (Tandon, 1989). عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم جز اصـلی و ضـروری‌تـرین عناصـر غذایی گیاه می‌باشند (Hanson, 1967). به منظـور رشـد و عملکـرد مطلوب گیاه این عناصر بایـد بـه مقـدار لازم دردسـترس گیـاه قـرار بگیرند. برای تأمین این عناصر می‌توان از دو طریق اقـدام کـرد : 1- استفاده از کودهای شیمیایی 2- استفاده از کودهای زیسـتی. پـس از اینکه کودهای شیمیایی به آرامی اثراتشان را بر روی بشر و محـیط- زیست نشان دادند کاربرد کودهای زیستی برای بهبود تغذیه گیـاه و پایداری در تولید محصولات زراعی پیشنهاد و توصیه شـد (Han et al., 2006). هدف از مصرف کودهای زیسـتی، تقویـت حاصـلخیزی خاک و تأمین نیازهای غذایی گیاه اسـت. مشـخص شـده اسـت کـه موجوداتی که به‌عنوان کود زیستی به حساب می‌آیند تنها یک نقش را ندارد یعنی علاوه بر جذب عناصر خاص باعث جـذب سـایر عناصـر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک شده و درنتیجه رشد گیاه را تحریک و باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول مـی‌شـوند. بـدین لحاظ ازنظر علمی این باکتری‌ها "محـرک رشـد گیـاه" یـا PGPR[1] نامیـده مـی‌شـوند (Vessy, 2003). *Pseudomonas*، *Bacillus*، *Azospirillum*، *Azotobater* و *Rhizobium* از مهمتـــــــــرین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند (Glick, 1995). باکتری‌هـای محرک رشد می‌توانند از طریق مکانیسم‌هـایی ماننـد تولیـد اکسـین، افزایش مقاومت در مقابل تنش‌ها و تثبیـت زیسـتی نیتـروژن باعـث افزایش رشد گیاه شـوند (Salantur et al., 2006). امـروزه اهمیـت کودهای زیستی نه تنها به خاطر تأمین نیازهـای گیـاه اسـت، بلکـه کاربرد آن‌ها از آن جهت که به محیط زیست آسیب نمی‌رسـاند و بـه بهبود کیفیت محصولات کشـاورزی و در نتیجـه سـلامت مصـرف- کنندگان کمک می‌کند، از توجه ویژه‌ای برخوردار است. دانشـمندان چندین مکانیسم را برای باکتری‌های محرک رشد گیاه مطرح کردنـد که این باکتری ها می‌توانند توسط این مکانیسم‌هـا رشـد و عملکـرد گیاهی را افزایش دهند. در میان این‌ها برخی بطـور مسـتقیم موجـب تحریک رشد گیاه می‌شوند، اما برخی دیگر از طریـق مکانیسـم‌هـای غیرمستقیم بر رشد گیاه اثر می‌گذارند. این مکانیسم ها شـامل تولیـد اکسـین (Egamberdiyeva, 2005)، افـزایش مقاومـت گیاهـان در مقابل تنش‌ها، تثبیت نیتـروژن (Salantur et al., 2006)، انحـلال

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

فسفات معدنی و تبدیل آن به فسفات آلی و تأمین فسفر مورد نیاز گیاه یا دیگر مواد غذایی مـورد نیـاز گیـاه (Jeon et al., 2003)، تغییـر روابـط هورمـونی (Shaalan, 2006)، افزایش سـطح فتوسـنتز گیـاه (Khorramdel et al., 2010)، افزایش سـرعت و مــدت فتوسـنتز (Copetta et al., 2006) و بازدارندگی بر روی رشد میکروارگانیسم-هـای بیمـاریزا (Antoun & Kloepper, 2001) مـی‌باشـند. تـأثیر محرک رشدی باکتری‌هـای PGPR بـه وسـیله خصوصـیات خـاک، گونه‌های گیاهی، حتی ژنوتیپ‌های گیـاهی درون گونـه‌هـا و دیگـر میکروفلور ریزوسفر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مهمتـرین مسـئله ایـن است که جدایی آشکار بین تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم باکتریهـای PGPR وجود ندارد و افزایش رشد گیاه می‌تواند ناشی از همه عوامـل موثر باشد (Zahir et al., 2004).

هدف از این تحقیق، بررسی بهترین زمان کاربرد و تلفیـق چهـار سـویه S10-3، S14-3، S19-1 و S21-1 متعلــق بــه جــنس *سودوموناس* بر رشد، عملکرد و برخی خصوصیات کیفی گوجه فرنگی در شرایط مزرعه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بـه‌منظـور تعیـین بهتـرین روش و زمـان کـاربرد جدایـه‌هـای *سودوموناس* محرک رشد گیـاه بـر خصوصـیات رشـدی و تغذیـه‌ای گوجه‌فرنگی در سال زراعی 1394 آزمایشی به صـورت مزرعـه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هشت تیمار و سـه تکـرار در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز-باسمنج بـه اجـرا درآمـد. تیمارهـای مـورد اسـتفاده در ایــن آزمــایش شــامل: T_1- تلقــیح بــا بــاکتری-های *Pseudomonas* sp.*S10-1* + *Pseudomonas* sp.*S19-1* در هنگام کاشت بذر در خزانه به روش بذرمال، T_2- تلقیح با باکتری‌های *Pseudomonas* sp.*S14-3*+*Pseudomonas* sp.*S19-1* در هنگام کاشـت بـذر در خزانـه بـه روش بـذرمال، T_3- تلقـیح بـا بـاکتری-هـای *Pseudomonas* sp.*S19-1*+*Pseudomonas* sp.*S21-1* در هنگام کاشت بذر در خزانه بـه روش بـذرمال، T_4- تلقـیح خـاک بـا بـاکتری‌هـای *Pseudomonas* sp.*S10-1* + *Pseudomonas* sp.*S19-1* در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی، T_5- تلقیح خاک بـا بــاکتری‌هــای *Pseudomonas* sp.*S14-3*+*Pseudomonas* sp.*S19-1* در هنگام کاشت نشا در زمین اصـلی، T_6- تلقـیح خـاک بـاکتری‌هـای *Pseudomonas* sp.*S19-1* + *Pseudomonas* sp.*S21-1* در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی، T_7- شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی و T_8- تیمار کود کامل براساس آنالیز خاک. نتـایج آنالیز خاک در جدول 1 آورده شده است.

کاشت نشاها در سه ردیف انجام شد. هر ردیف شامل هشت پشته بود و طول هر پشته دو متر و عرض آن 70 سانتی‌متـر بـود. در هـر پشته تعداد شش بوته با فاصله 30 سانتی‌متر از یکدیگر کاشـته شـد. بذور گوجـه‌فرنگـی رقـم سـوپرچیف[1] از مرکـز تحقیقـات کشـاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه شد و پس از ضدعفونی شـدن با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ده دقیقه، در اواخر اسـفندماه در خزانه و در هشت سینی کشت، کاشته شدند. بذور سینی کشت در هنگام کاشت با زادمایه باکتریایی تلقیح شدند، برای هر سینی کشت 10 گرم مایه تلقیح باکتریایی حاوی $cfu.g^{-1}$ $2/4 \times 10^8$ استفاده شـد. تلقیح سه سینی کشت دیگر با مایه باکتریـایی در هنگـام کاشـت در زمین و به صورت محلول‌دهی پای بوته صورت گرفت. باکتری‌هـا از گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تهیه شدند. نشاهای گوجه فرنگی پس از رسیدن به اندازه لازم و نیز با مساعد شدن شرایط آب و هوایی در تاریخ 20 اردیبهشت سال 1394 به مزرعـه انتقـال یافتنـد. آبیاری هفته‌ای یک‌بار انجام پذیرفت، روش آبیاری به صورت جداگانه و با دقت کامل و به صورت نواری انجام شد. تنها در تیمار کود کامل بر اساس نتایج آنالیز خاک (جدول 1) و جدول توصیه کودی به میزان 20 گرم کود اوره در سه نوبت برای هر کرت آزمایشی استفاده شـد و به دلیل کافی بودن عناصر فسفر و پتاسیم از این کودها استفاده نشد. نمونه خاک جهت آنالیز از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک تهیه گردید. بافت خاک مزرعه از نوع لوم شنی بود. خاک‌دهی پای بوته در حـدود یک ماه بعد از کشت در مزرعه انجام شد.

پس از برداشت محصول طول و قطـر میـوه بـه وسـیله کـولیس تعیین شد. سفتی گوشـت و پوسـت بـه‌وسـیله دسـتگاه سـفتی‌سـنج (Lutron model FG5020) اندازه‌گیری شـد. ویتـامین ث بـه روش تیتراسیون (AOAC, 1980) تعیین گردید. همچنین میوه‌ها با رسیدن تدریجی و با فواصل برداشت یک هفته‌ای برداشت شدند و وزن میوه-ها به وسیله ترازوی با دقت صد هزارم گرم توزین گردید. اندازه‌گیری نیتروژن به‌وسیله هضم میکـرو- کجلـدال (Waling et al., 1989)،

1- Super chief

اندازه‌گیری فسفر بـه روش رنـگ‌سـنجی (وانـادات- مولیبـدات زرد) (Olsen & Sommers, 1982) و اندازه‌گیری پتاسیم بـه روش نشـر شعله‌ای (Flame Photometer Method) (Waling et al., 1989) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 1 و 5 درصد انجام و شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical characteristics of field soil

پتاسیم قابل جذب K available (mg.kg-1)	فسفر قابل جذب P available (mg.kg-1)	نیتروژن قابل جذب N available (mg.kg-1)	درصد مواد آلی O.C (%)	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m-1)	درصد اشباع Saturation percentage
570	46	5	1.15	7.8	3.33	37

نتایج و بحث

غلظت نیتروژن برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سـویه های باکتری مورد آزمایش بر غلظت نیتروژن برگ گوجه‌فرنگی معنی دار نبود (جدول 2). بیشترین میزان غلظت نیتروژن برگ مربـوط بـه تیمار باکتریایی T_3 و T_6 بود که این تیمارها اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، ولی اختلاف آن‌ها با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. تیمارهای T_1 و T_2 و T_3 به ترتیب اختلاف معنی‌داری بـا تیمارهـای T_4، T_5 و T_6 نداشتند، ولی از نظر عددی بیشتر از آن‌ها بودند. تیمار بدون کود نیـز کم‌ترین میزان غلظت نیتروژن برگ را دارا بود (شـکل 1). تیمـار T_3 سبب افزایش میزان غلظت نیتروژن بـرگ بـه میـزان 30/97 درصـد نسبت به تیمار کود کامل و 60/62 درصد نسبت به تیمار بدون کـود شده است.

جدول 2- تجزیه واریانس اثر زمان مصرف باکتری‌های تحریک‌کننده رشد بر عملکرد، صفات کمی و کیفی و جذب عناصر در گوجه‌فرنگی

Table 2- Analysis of variance for the effct of time application for PGPR application on yield and quantitative and quality traits and nutrient absorption in tomato

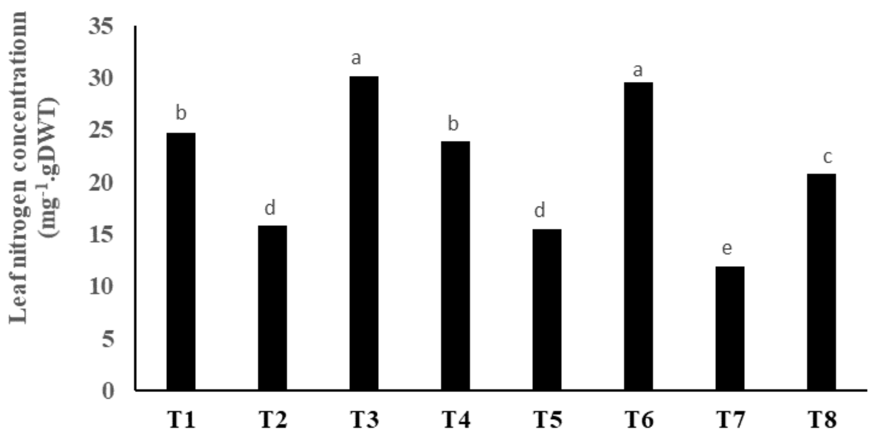
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yeild	تعداد میوه کل The number of total fruits	درصد میوه قابل عرضه به بازار Percentage of marketable fruit	ویتامین ث Vitamin C	درصد ماده خشک میوه Percentage of fruit dry matter	غلظت پتاسیم میوه Fruit potassium concentration	غلظت پتاسیم برگ Leaf potassium concentration	غلظت فسفر برگ Leaf Phosphorus concentration	غلظت نیتروژن برگ Leaf Nitrogen concentration
بلوک Block	2	0.48 ns	21.96 ns	9.92 *	0.75 ns	0.078 ns	0.044 ns	0.056 ns	0.008 ns	0.78 ns
تیمار Treatment	7	6.06 **	89.71**	71.73 **	9.27 **	2.19 **	0.567 **	4.15 **	1.05 ns	8.25 ns
اشتباه آزمایشی Error	14	2.65	42.11	8.91	0.95	0.079	0.081	8.63	2.12	5.72
ضریب تغییرات CV	%	10.79	12.18	16.56	6.79	5.94	8.69	12.31	14.50	10.92

Ns، ** و *: به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد

Ns, ** and *: are non siginificant and significant at 1 and 5 probability levels, respectively.

نتایج آزمایش‌های گلدانی و مزرعه‌ای میخایلوسکایا و همکـاران (Mikhailouskaya et al., 2003) نشان داد که حد متعادل پتاسـیم

و فسفر، شرط لازم برای تثبیت نیتروژن در باکتری *Azospirillum brasilense* همیار با ریشه‌های کتان می‌باشند. آنها عنوان نمودند که فسفر و پتاسیم نقش اصلی در ایجاد رابطه همیاری بین ریشه و باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن دارند. تحقیقات نشان داده که فسفر باعث افزایش میزان جذب نیتروژن می‌گردد (Okaz et al., 1994). محلول‌سازی بیشتر فسفر در تیمار وجود کود بیولوژیک می‌تواند یکی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن گیاه باشد. افزایش درصد نیتروژن در گیاه به واسطه افزایش فسفر محلول به دلیل نقش بسیار مهم این عنصر در گره‌زایی و تثبیت نیتروژن گیاهان لگوم است (Van Othman et al., 1991). تحقیقات والویو و همکاران (Waluyo et al., 2004) مبنی بر تأثیر کود فسفر بر تثبیت نیتروژن گیاه سویا (*Glycine max*) مشخص نمود که سطوح بالای فسفر به دلیل مقدار فسفر محلول بالاتر باعث افزایش تثبیت و فعالیت بیولوژیک نیتروژن گردیده و در نتیجه میزان جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد. احتمال اول در افزایش جذب نیتروژن در تیمار کود بیولوژیک نقش فسفر در افزایش توسعه ریشه گیاه و بنابراین افزایش سطح جذب عنصر نیتروژن می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحقیقات متعدد نقش فسفر را در افزایش میزان توسعه ریشه و جذب عناصر اثبات نموده است (Zeidan, 2007; Waluyo et al., 2004). دلیل احتمالی دوم، نقش بسیار مهم عنصر فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP می باشد زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز است (Olivera et al., 2002). غلظت بالای عناصر معدنی در تیمارهای باکتریایی ممکن است به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی باشد (Aslantaş et al., 2007). آسلانتاس و همکاران (Aslantaş et al., 2007) بیان کردند که افزایش غلظت عناصر معدنی در گیاه در نتیجه بالا رفتن غلظت عناصر غذایی ضروری در خاک است.



شکل 1- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر غلظت نیتروژن در برگ گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 1- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on nitrogen concentration of tomato leaves

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

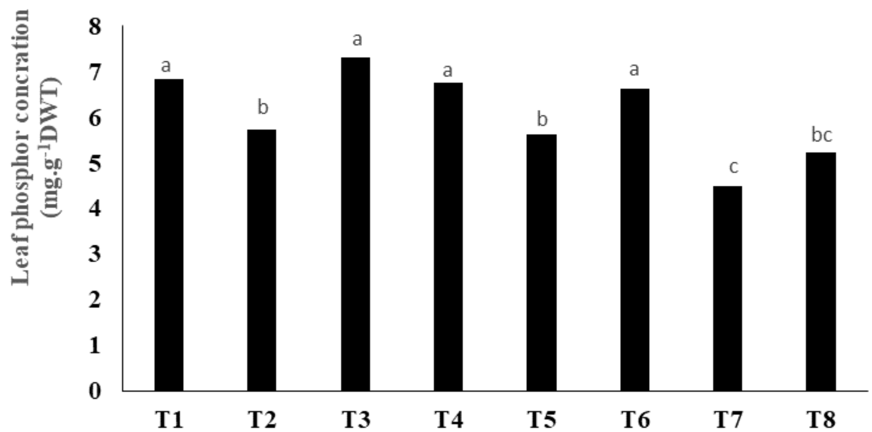
Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan’s test at 5% probability level.

غلظت فسفر برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه های باکتری مورد آزمایش بر غلظت فسفر برگ گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود (جدول 2). بیشترین میزان غلظت فسفر برگ مربوط به تیمار

باکتریایی T_3 و T_1 و T_4 و T_6 بود که این تیمارها اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند ولی اختلاف آن‌ها با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. تیمار بدون کود نیز کم‌ترین میزان غلظت فسفر برگ را دارا بود (شکل 2). تیمار T_3 سبب افزایش میزان غلظت فسفر برگ به میزان 28/42 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 38/50 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است.

تولید اسیدهای آلی توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های معدنی کاملاً اثبات شده است و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی توسط باکتری‌های خاک تشخیص داده شده است (Rodriguez & Frage, 1999). اسیدهای آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری شده و در نتیجه عنصر فسفر می‌تواند در اثر جایگزینی یون H^+ با یون‌های کلسیم در محیط آزاد گردد (Illmer & Schinner, 1995). آنتون (Antoun, 2002) نیز در تحقیقی روی ریزجانداران حل‌کننده فسفات گزارش نمود که این ریزجانداران با تولید اسید، قابلیت حل فسفر را از منابع فسفات غیرقابل انحلال نظیر سنگ فسفات افزایش می‌دهند. یکی دیگر از راه‌های افزایش فسفر موجود در خاک توسط باکتری‌ها از طریق تولید و ترشح اسیدهای‌آلی و پروتون است که از این طریق باعث کاهش pH و افزایش حلالیت فسفر محیط می‌شود.



شکل 2- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر غلظت فسفر در برگ گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های +S14-3 S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 2- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on phosphorus concentration of tomato leaves

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

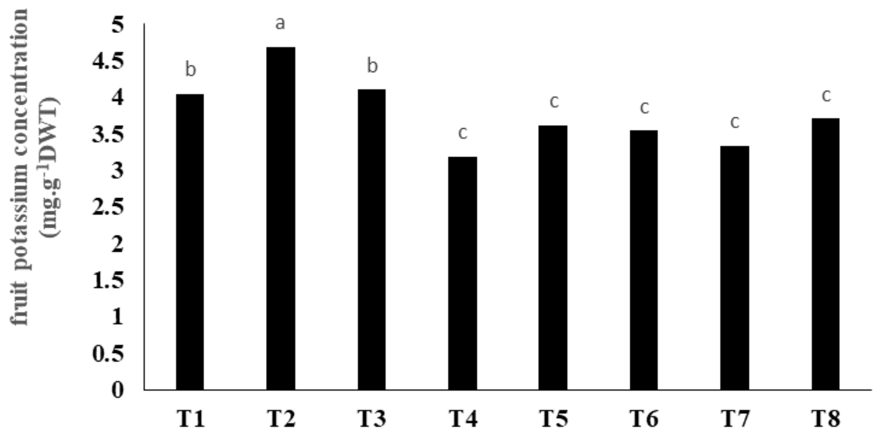
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan’s test at 5% probability level.

غلظت پتاسیم میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه های باکتری مورد آزمایش بر غلظت پتاسیم میوه گوجه‌فرنگی معنی دار ($P<0/01$) بود (جدول 2). در مورد غلظت پتاسیم میوه کاربرد باکتری در هنگام کاشت بذر در هر سه تیمار نتیجه بهتری نسبت به کاربرد باکتری در هنگام کاشت نشاء در زمین اصلی داشت. تیمارهای T_3 و T_2 و T_1 اختلاف معنی داری از نظر غلظت پتاسیم میوه به ترتیب نسبت به تیمارهای T_6 و T_5 و T_4 داشتند. همچنین بیشترین میزان غلظت پتاسیم میوه مربوط به تیمار باکتریایی T_2 بود که اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت (شکل 3). تیمار T_2 سبب

افزایش میزان غلظت پتاسیم میوه به میزان 18/51 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 29/14 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است.



شکل 3- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر غلظت پتاسیم میوه گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 3- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on potassium concentration of tomato fruit

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

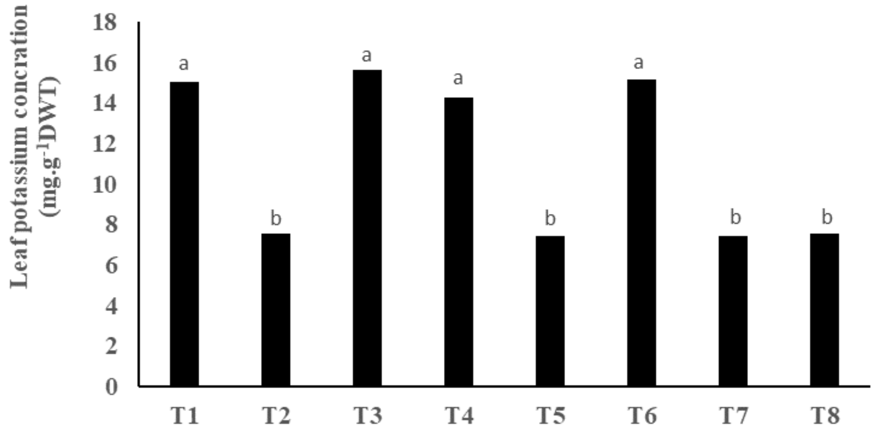
غلظت پتاسیم برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه های باکتری مورد آزمایش بر غلظت پتاسیم برگ گوجه‌فرنگی معنی دار (P<0/01) بود (جدول 2). در بیشترین میزان غلظت پتاسیم برگ مربوط به تیمار باکتریایی T_3 و T_1 و T_2 بود که این تیمارها اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند و در یک گروه آماری قرار داشتند، ولی اختلاف آن‌ها با بقیه تیمارها معنی‌دار بود (شکل 4). تیمار T_3 سبب افزایش میزان غلظت پتاسیم اندام هوایی به میزان 39/42 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 56/09 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که زمان مختلف اعمال باکتری در زمان‌های مختلف مصرف باکتری، تأثیری در مقدار پتاسیم برگ ندارد.

میکروارگانیسم‌ها نقش کلیدی در چرخه پتاسیم دارند. عناصر موجود در کانی‌ها زمانی برای گیاهان قابل‌استفاده خواهند بود که کانی ها دچار هوازدگی شوند. در این میان میکروارگانیسم‌های خاک شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها قادر به تخریب ساختار کریستالی کانی ها و رهاسازی پتاسیم محبوس در ساختار آن هستند (Sugumaran & Janarthanam, 2007). با توجه به اینکه شکل غالب پتاسیم در خاک به‌صورت کانی‌های سیلیکاته است درصورتی‌که آن‌ها به‌آرامی دچار هوازدگی زیستی و انحلال قرار بگیرند پتاسیم برای گیاهان قابل‌جذب خواهد شد. افزایش غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی و ریشه در اثر تلقیح با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Badr, 2006; Sheng et al., 2008). این باکتری‌ها با تخریب کانی‌های پتاسیم، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل‌استفاده برای گیاه در می‌آورند. محققین گزارش کردند که این باکتری‌ها قادر به تولید ایندول‌استیک‌اسید (IAA[1]) و سیدروفور می‌باشد که سیدروفور تولیدشده می‌تواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی

1- Indole-3-acetic acid

عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن مؤثر واقع شود (Heinrichs et al., 2004; Chakraborty et al., 2006). بنابراین تجزیه کـانی‌هـای پتاسیم و آزاد شدن پتاسیم در اثر این مکانیسم و یا سایر مکانیسم‌هـا می‌تواند نقش مؤثری در افزایش پتاسیم قابل‌استفاده در خـاک باشـد، همچنین IAA تولیدشده توسط این باکتری می‌تواند به عنـوان یـک ترکیب آلی محرک رشد گیاه عمل کند. استفاده از باکتری‌های محرک رشد از قبیل باکتری‌های آزادکننده پتاسیم به خاطر کم بودن فراهمی پتاسیم قابل‌استفاده در زمین‌های زراعی در کشورهایی نظیـر چـین و کره مورد توجه قرار گرفته است (Han & Lee, 2005).



شکل 4- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر غلظت پتاسیم در برگ گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 4- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on potassium concentration of leaf of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

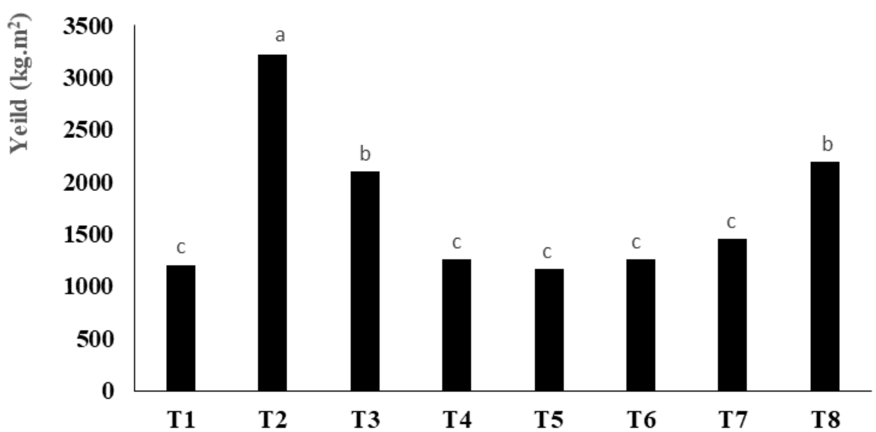
Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

عملکرد در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه های باکتری مورد آزمایش بر عملکرد میـوه گوجـه‌فرنگـی معنـی‌دار بود (P<0/01) (جدول 2). بیشترین مقدار عملکرد میوه گوجه‌فرنگی مربوط به تیمار باکتریایی T_2 بود که این تیمار اختلاف معنی‌داری بـا بقیه تیمارها داشت. تیمار T_5 کم‌ترین مقدار عملکرد را دارا بود (شکل 5). تیمار T_2 سبب افزایش میزان عملکـرد بـه میـزان 26/81 درصـد نسبت به تیمار کود کامل و 44/12 درصد نسبت به تیمار بدون کـود شده بود.

هدف این تحقیق مشخص نمودن بهترین زمان کاربرد و تلفیـق چهـار سـویه S10-3، S14-3، S19-1 و S21-1 متعلـق بـه جـنس *سودوموناس بود*. نتایج این تحقیق نشان داد بهترین زمان کاربرد این چهار سویه به منظور افزایش عملکرد تلقـیح در هنگـام کاشـت بـذر است. در همین زمینه گزارش مشـابهی توسـط دقیقیـان و همکـاران (Dagigian et al., 2011) در مـورد لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش شد. گیاه برای رشد، گلدهی و تشکیل میوه به نیتـروژن، فسفر و پتاسیم نیاز دارد، بنابراین غلظت کمتر این عناصر عملکـرد را در گیاه پایین می‌آورد (Zekri & Obreza, 2003). یکی از مهمترین نقش‌های باکتری‌های محرک رشد، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه است. در این زمینه، تلقیح با باکتری‌های S14-3+S19-1 در هنگام کاشت

بذر در خزانه باعث افزایش قابل توجه میزان پتاسیم میوه نسبت به تیمارهای دیگر شدند، در حالی‌که اختلاف معنی‌داری از نظر میزان نیتروژن و فسفر در دو زمان تلقیح مختلف بین گیاهان وجود نداشت. گزارش‌های مختلفی در زمینه افزایش رشد توسط تلقیح با باکتری-های گونه‌های *Pseudomonas* وجود دارد. محققان بیان کردند که استفاده از تلقیح باکتریایی گونه‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* می‌تواند رشد را تحریک کند و عملکرد را در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و فلفل (*Capsicum annum* L.) (Sahin et al., 2000)، چغندرقند (Cakmakci et al., 2006)، جو بهاره (Hordeum vulgare) (Salantur et al., 2005) افزایش دهد. کلوپر و همکاران (Kloepper et al., 2004) بیان کرد که استفاده از *Pseudomonas* sp. می‌تواند عملکرد گیاهان را حتی 144 درصد افزایش دهد. همچنین یکی از دلایل افزایش عملکرد در تیمار تلقیح با باکتری‌های S19-1+S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه میتواند افزایش میزان پتاسیم گیاه باشد. یورت سون و همکاران (Yurtseven et al., 2005) گزارش کردند که افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری با افزایش کاربرد پتاسیم به دست آمده است. آدامس و هولدر (Adams & Holder, 1992) مشاهده کردند که عملکرد گوجه‌فرنگی در غلظت کم پتاسیم کاهش یافته است. علت افزایش عملکرد با افزایش میزان پتاسیم شاید به‌این‌علت باشد که چون پتاسیم، شاخ و برگ گیاه را افزایش می‌دهد و به طور غیرمستقیم فتوسنتز گیاه را افزایش می‌دهد و لذا سبب افزایش عملکرد در گوجه فرنگی می شود (Majumdar et al., 2000). باکتری‌های محرک رشد همچنین می‌توانند با افزایش ساخت ترکیبات محرک رشد، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله ازتوباکتر باعث بهبود رشد گیاه از طریق تثبیت نیتروژن و تولید مواد محرک رشد می‌شوند (Brown, 1974). پاتیدار (Patidar, 2001) و اگامبربردیوا و هفلیچ (Egamberberdiyeva & Hoflich, 2003) در گندم (*Triticum aestivum* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolar* L.) افزایش عملکرد دانه را در اثر باکتری *سودوموناس* عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد توسط این باکتری دانسته‌اند.



شکل 5- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر عملکرد گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 5- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on yield of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan’s test at 5% probability level.

تعداد کل میوه و درصد میوه قابل‌عرضه به بازار

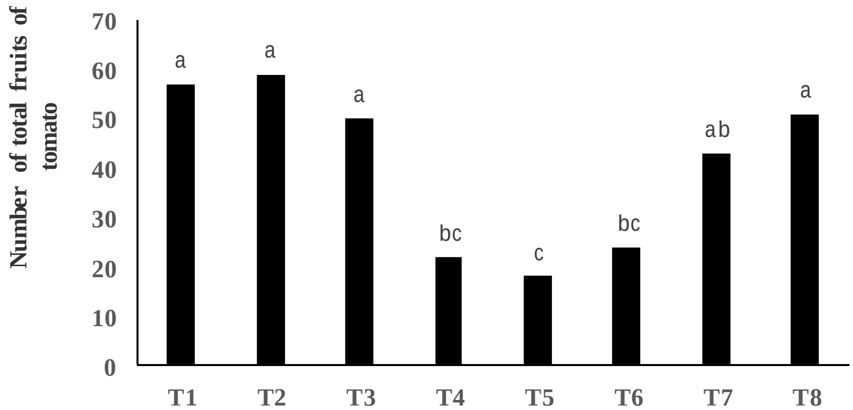
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه های باکتری مورد آزمایش بر تعداد کل میوه گوجه‌فرنگی معنی‌دار (P<0/01) بود (جدول 2). بیشترین تعداد کل میوه مربوط به تیمار باکتریایی T_2 بود که این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمارهای T_1 و T_3 و T_8 و T_7 نداشت ولی اختلاف این پنج تیمار با تیمارهای T_4 و T_5 و T_6 معنی‌دار بود. نتایج نشان می‌دهد که در تیمارهای T_4 و T_5 و T_6 تعداد کل میوه به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمارهای T_1 و T_2 و T_3 کاهش یافته است. تیمار T_5 کم‌ترین تعداد کل میوه را دارا بود (شکل 6). تیمار T_2 سبب افزایش میزان تعداد کل میوه به میزان 15/22 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 28/69 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه‌های باکتری مورد آزمایش بر تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار گوجه‌فرنگی معنی‌دار (P<0/01) بود (جدول 2). منظور از میوه قابل‌عرضه به بازار در این تحقیق مجموع میوه های بزرگ و متوسط است. بیشترین تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار مربوط به تیمار باکتریایی T_2 بود که این تیمار اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت. تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار در تیمارهای باکتریایی T_2 و T_3 بیشتر از تیمار کود کامل و تیمار بدون کود بود، درحالی‌که در تیمارهای T_5 و T_6 تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار کمتر تیمار کود کامل و تیمار بدون کود بود. تیمار T_5 کم‌ترین تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار را دارا بود (شکل 7). تیمار T_2 سبب افزایش تعداد میوه قابل عرضه به بازار به میزان 63/44 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 73/38 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان این نتیجه‌گیری را کرد که تلقیح با باکتری در هنگام کاشت بذور به طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد کل میوه و تعداد میوه قابل‌عرضه به بازار نسبت به حالت تلقیح در زمین می‌شود.

با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین میزان پتاسیم میوه و برگ در سه تیمار T_1، T_2 و T_3 مشاهده گردید و از آنجایی که پتاسیم نقش مهم و عمده در بهبود شاخص‌های کیفی میوه دارد میتوان گفت افزایش پتاسیم میوه و برگ در سه تیمار T_1، T_2 و T_3 عامل اصلی بهبود کیفیت میوه در این سه تیمار بوده است. تأمین پتاسیم کافی برای تولید میوه‌های درشت و درجه‌یک ضروری است (Chapagain & Wiesman, 2004). این نتایج مطابق نتایج بدست‌آمده توسط بریسون و بارکر (Bryson & Barker, 2002) است و آن‌ها نیز نشان دادند که با افزایش میزان پتاسیم، کیفیت میوه گوجه‌فرنگی افزایش پیدا می‌کند و تعداد میوه‌های غیرقابل‌فروش کاهش پیدا می‌کند. بدست‌آمدن این نتایج ممکن است به‌دلیل نقش مهم پتاسیم در پارامترهای کیفی میوه باشد (Lester et al., 2006). فاوزی و همکاران (Fawzy et al., 2005) در گیاه فلفل، فاوزی و همکاران (Fawzy et al., 2007) در بادمجان (*Solanum melongena* L.) و گوپتا و سنگار (Gupta & Sengar, 2000) در گوجه‌فرنگی نتایج مشابه با این تحقیق را گزارش کردند. آن ها گزارش کردند که با افزایش میزان کود پتاسیمی استفاده شده عملکرد گیاه و کیفیت میوه افزایش می‌یابد. بسفورد و ماو (Besford & Maw, 1975) گزارش کردند که سطح پتاسیم قابل دسترس زیاد در منطقه ریشه باعث افزایش برگ، گل، تشکیل میوه و تعداد میوه در گوجه‌فرنگی شده است. همچنین جهان و همکاران (Jahan et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد بهاره کود دامی به همراه تلقیح بذور کدو پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کود زیستی بر شاخص‌های رشدی از جمله تعداد میوه اثرات مثبتی داشت که مشابه با نتیجه این گزارش است.

ویتامین ث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه-های باکتری مورد آزمایش بر میزان ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی معنی‌دار (P<0/01) بود (جدول 2). بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به تیمار باکتریایی T_3 بود که این تیمار اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت. مقدار ویتامین ث هر شش تیمار باکتریایی بیشتر از تیمار بدون کود و تیمار کود کامل بود، درحالی‌که تیمارهای T_3 و T_2 و T_1 اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار ویتامین ث به ترتیب نسبت به تیمارهای T_6 و T_5 و T_4 داشتند. تیمار بدون کود کم‌ترین مقدار ویتامین ث را دارا بود (شکل 8). تیمار T_3 سبب افزایش میزان ویتامین ث به میزان 33/33 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 46/15 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان این نتیجه‌گیری را کرد که تلقیح با باکتری در هنگام کاشت بذور و یا تلقیح خاک باعث افزایش ویتامین ث نسبت به شرایط عدم تلقیح می‌شود. اما تلقیح با باکتری در هنگام کاشت بذور

باعث افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث نسبت بـه حالـت تلقـیح بـا باکتری در هنگام کاشت نشاء شد.



شکل 6- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر تعداد میوه‌کل گوجه فرنگی

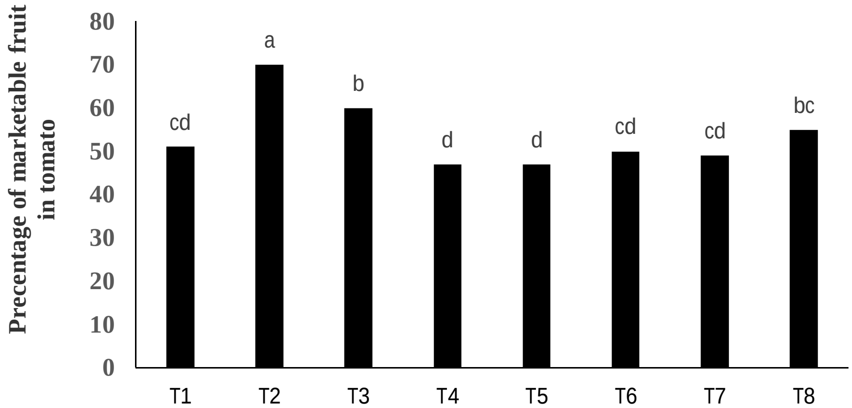
تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌-های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های +S14-3 S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 6- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on the number of total fruits of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan’s test at 5% probability level.



شکل 7- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر درصد میوه قابل‌عرضه به بازار گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S10-1 + S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S19-1+ S21-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S10-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های S14-3+ S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S21-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

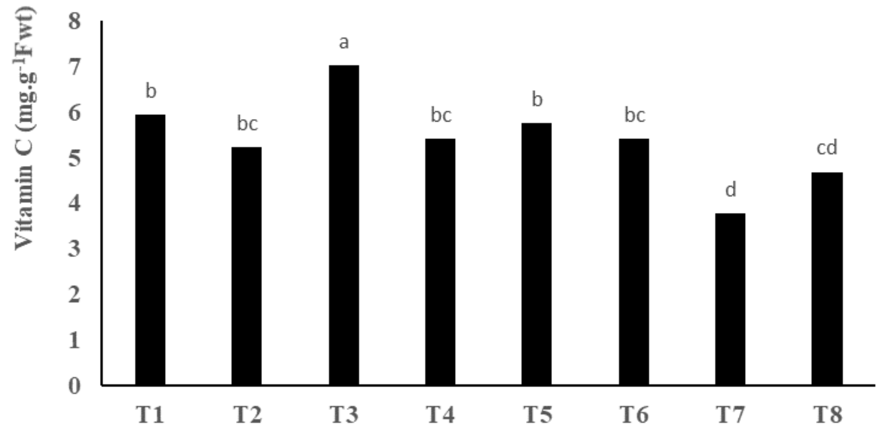
Fig. 7- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on percentage of marketable fruit of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

با توجه به نتایج، بیشترین میزان پتاسیم میوه و برگ در سه تیمار T_1، T_2 و T_3 مشاهده گردید و این سه تیمار از نظر میزان پتاسیم میوه و برگ اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر دارند. علاوه بر این میزان فسفر برگ در تیمارهای T_3 و T_1 نسبت به تیمار T_2 میزان بیشتری دارد. تفاوت معنی‌داری در میزان ویتامین ث در بافت تر میوه گوجه‌فرنگی توسط تغذیه کردن با پتاسیم و فسفر توسط آشور و همکاران (Ashoor et al, 1984) بیان شد که با افزایش میزان پتاسیم و فسفر میزان ویتامین ث نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این موضوع پتاسیم عنصری است که نقش مهمی در بهبود شاخص‌های کیفی میوه دارد و در این رابطه گزارش‌های مختلفی وجود دارد. پتاسیم نه‌تنها عملکرد را افزایش می‌دهد بلکه کیفیت میوه را نیز از طریق افزایش ماده خشک و میزان ویتامین ث افزایش می‌دهد و نیز همچنین میزان قند و اسیدیته قابل تیتراسیون را در گوجه‌فرنگی افزایش می‌دهد (Economakis & Daskalaki, 2003). تأثیر پتاسیم بر افزایش میزان ویتامین ث در خربزه (*Cucumis melo* var.inodorus) (Lester & Jifon, 2007) و پرتغال والنسیا (*Citrus* X *sinensis*) (Rodrigues et al., 2005) گزارش شده است که در تائید نتیجه این پژوهش می‌باشد. پادم و اکال (Padem & Ocal, 1999) و لستر و همکاران (Lester et al., 2006) اثبات کردند که در تولید گوجه‌فرنگی و خربزه کاربرد پتاسیم کیفیت میوه را از طریق افزایش شاخص‌هایی همچون سفتی، میزان قند و ویتامین ث افزایش می‌دهد. مقدار کافی عنصر غذایی پتاسیم با افزایش عملکرد، اندازه میوه، مواد جامد محلول، غلظت اسیدآسکوربیک، رنگ میوه، عمر انباری، کیفیت حمل‌ونقل همراه است (Lester et al., 2005; Kanai et al, 2007). افزایش در میزان ویتامین ث با افزایش میزان در دسترس بودن پتاسیم توسط آناس و سولسوگلو (Anac & Colocoglu, 1995)، نانادال و همکاران (Nanadal et al., 1998)، سامپایو و فونتس (Sampaio & Fontes, 2000) و باللیو و ایبرو (Balliu & Ibro, 2002) نیز گزارش شده است.



شکل 8- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر میزان ویتامین ث گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری-های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های +S14-3 S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 8- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on vitamin C of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

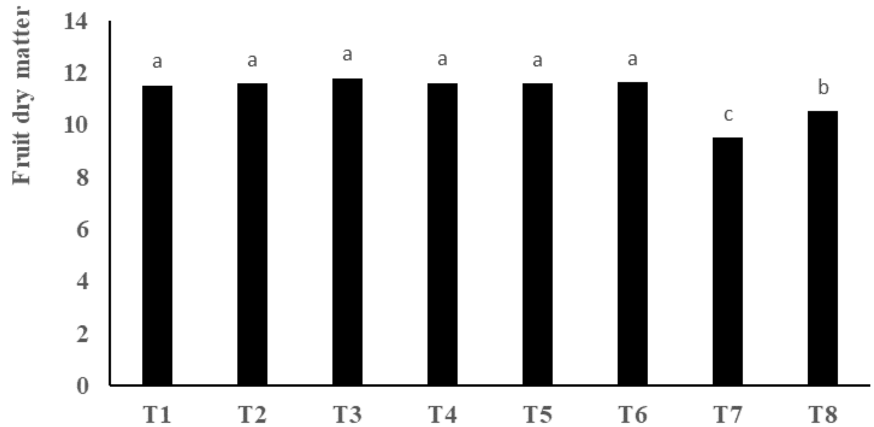
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan’s test at 5% probability level.

درصد ماده خشک میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان کاربرد سویه‌های باکتری مورد آزمایش بر غلظت نیتروژن برگ گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود (جدول 2). اما همه تیمارهای باکتریایی درصد ماده خشک بیشتری نسبت تیمار کود کامل و تیمار بدون کود داشتند و اختلاف تیمارهای باکتریایی با تیمار کود کامل و تیمار بدون کود معنی‌دار بود (شکل 9). بیشترین میزان درصد ماده خشک میوه مربوط به تیمار باکتریایی T_3 بود که سبب افزایش میزان درصد ماده خشک میوه گوجه‌فرنگی به میزان 14/11 درصد نسبت به تیمار کود کامل و 20/50 درصد نسبت به تیمار بدون کود شده است.

تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش ماده خشک در میوه‌ها یکی از عوامل بهبود کیفیت می‌باشد (Dorais et al., 2001). مصرف باکتری تفاوت معنی‌داری را از طریق ایجاد شرایط تغذیه‌ای بهتر برای رشد رویشی بیشتر و تولید گیاهانی با عملکرد ماده خشک بیشتر را فراهم نموده است. همچنین گزارش شده است که کودهای بیولوژیک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد (به ویژه اکسین) رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Vessy, 2003). زیادی و خان (Zaidi & Khan, 2005) نیز گزارش کردند تلقیح بذر گندم با PGPR توده ماده خشک و عملکرد دانه گندم را افزایش می‌دهد. ووهویدی و آستوری (Wahyudi & Astuti, 2011) گزارش نمودند که مصرف باکتری‌های *سودوموناس* تأثیر معنی‌داری بر رشد اندام‌های هوایی و عملکرد ماده خشک سویا (*Glycine max* L.) به همراه داشت. در تحقیقی تأثیر ریزوباکتری های محرک رشد مانند *ازتوباکترها*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* در افزایش ماده خشک و عملکرد نخود انجام شد و مشاهده گردید که استفاده از ترکیب این باکتری‌ها باعث افزایش تعداد گره‌ها درگیاه، عملکرد دانه، ماده خشک و عملکرد پروتئین در مقایسه با شاهد می‌گردد (Rokhzadi et al., 2008).



شکل 9- اثر زمان تلقیح جدایه‌های *سودوموناس* بر درصد ماده‌خشک میوه گوجه فرنگی

تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_1)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 +S14-3 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_2)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 +S19-1 در هنگام کاشت بذر در خزانه (T_3)، تلقیح با باکتری‌های S19-1 + S10-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_4)، تلقیح با باکتری‌های +S14-3 S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_5)، تلقیح با باکتری‌های S21-1 + S19-1 در هنگام کاشت نشا در زمین اصلی (T_6)، شاهد بدون کود و تلقیح میکروبی (T_7) و تیمار کود کامل (T_8)

Fig. 9- Effect of inoculation time of *Pseudomonas* ssp. strains on fruit dry matter of tomato

Inoculation with S10-1 + S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_1), Inoculation with S14-3+ S19-1 bacteria at planting seeds in the nursery (T_2), Inoculation with bacteria S19-1+ S21-1 when planting seeds in the nursery (T_3), Inoculation with bacteria S10-1 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_4), Inoculation with bacteria S14-3 + S19-1 When planting seedlings in the main land (T_5), Inoculation with bacteria *Pseudomonas* sp.S19-1+*Pseudomonas* sp.S21-1 When planting seedlings in the main land (T_6), Control without fertilizers and microbial inoculation (T_7) and Complete fertilizer treatments (T_8)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) have not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

اثر زمان و روش مصرف سویه‌های موردمطالعه در این آزمایش بر مقدار طول میوه، قطر میوه، سفتی گوشت و سفتی پوست، اسیدیته، TSS، pH و EC میوه معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

این تحقیق برای یافتن بهترین زمان مصرف باکتری‌های محرک رشد انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در اثر تلقیح بذر گوجه‌فرنگی با جدایه‌های *سودوموناس* عملکرد، ویتامین ث، میزان پتاسیم و درصد میوه قابل‌عرضه به بازار در مقایسه با حالت تلقیح گیاهچه با جدایه‌های *سودوموناس* افزایش معنی‌داری پیدا کرد، در حالی‌که این افزایش در مورد میزان فسفر و نیتروژن گیاه معنی‌دار نبود. در مجموع برای افزایش عملکرد و صفات کیفی روش تلقیح بذر گوجه‌فرنگی با جدایه‌های *سودوموناس* نسبت به روش تلقیح خاک با جدایه‌های *سودوموناس* روش بهتری محسوب می‌شود.

منابع

Adams, P., and Holder, R. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato *(Lycopersicon esculentum).* Agricultural Science 5: 37-44.

Anac, D., and Colocoglu, H. 1995. Response of Some Major Crops to K Fertilization. *In:* K. Mengel and A. Krauss (Eds.). K Availability of Soils in West Asia and North Africa - Status and Perspectives. International Potash Institute 235-247.

Antoun, H. 2002. Field and green house trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi.pp. Proceedings of the 15th International meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July 2002. Salamanca, Spain 235-237.

Antoun, H., and Kloepper, J.W. 2001. Plant growth promoting rhizobacteria. Encyclopedia of genetics. *Eds. S Brenner and J Miller* 1477-1480.

A.O.A.C. 1980. Official Methods of Analysis, 13^{th} ed. Association of Official Analytical. Chemists. Washington D.C 376-384.

Ashoor, S.H., Monte, W.C., and Welty. J. 1984. Liquid Chromatographic Determination of Ascorbic Acid in Foods. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 67(1):78-80.

Aslantaş, R., Çakmakçi, R., and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae 111: 371-377.

Aseretal, G.K. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). Bioresource Technology 97(6): 98-109.

Badr, MA. 2006. Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Journal of Applied Sciences Research 2: 1191-1198.

Balliu, A., and Ibro, V. 2002. Influence of different levels of potassium fertilizers on growth, yield and ascorbic acid content of tomato fruit grown in non-heated greenhouse. Acta Horticulturae 579:385-388.

Besford, R.T., and Maw, G.A. 1975. Effects of potassium nutriation of tomato plant growth and fruit development. Plant and Soil 42: 395- 412.

Brown, M.E. 1974. Seed and root bacterization. Annual Review of Phytopatliol 12: 181-197.

Bryson, G.M., and Barker, A.V. 2002. Determination of optimal fertilizer concentration range for tomatoes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 759-777.

Cakmakci, R., Donmez, F., Aydın, A., and Sahin, F. 2006. Growth promoting of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry 38: 1482-1487.

Chakraborty, U., Chakraborty, B., and Basnet, M. 2006. Plant growth promotion and induction of resistance in Camellia sinensis by *Bacillus megaterium*. Journal of Plant Physiology 127: 1617-1625.

Chapagain, B.P., and Wiesman, Z. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. Scientia Horticulturae 99: 279-288.

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.

Dagigian, N., Habibi, D., Madani, H., and Sajedi, N.E. 2011. To evaluate the effect the best method and timing of PGPR on the absorption of nitrogen, phosphorus, potassium and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Crop Ecophysiology 3: 94-100. (In Persian with English Summary)

Dorais, M., Papadopulos, A.P., and Gosselin, A. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. Agronomie 21: 367-383.

Economakis, C., and Daskalaki, A. 2003. Effect of potassium nutrition on yield and quality of tomato plants grown with nutrient film technique under sodium chloride saline conditions. Acta Horticulturae 609: 337-339.

Egamberberdiyeva, D., and Hoflich, G. 2003. Influence of growth- promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry 35: 973-978.

Egamberdiyeva, D. 2005. Plant-growth promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semiarid region of Uzbekistan: biochemical characterization and effectiveness. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 94-99.

FAO (Food and Agricultural Organization). FAO State, core production. 2011. Available online at: http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx

Flores, FB., Sanchez-Bel, P., Estan, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J.F., Garcia-Abellan, J.O., EgeaI Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F., and Bolarin, MC.C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. Scientia Horticulturae 125:211-217.

Fawzy, Z.F., Behairy, A.G., and Shehata, S.A. 2005. Effect of potassium fertilizer on growth and yield of sweet pepper plants (*Capsicum annuum*, L.). Egyptian Journal of Agricultural Research 2(2): 599-610.

Fawzy, Z.F., El-Nemr, M.A., and Saleh, S.A. 2007. Influence of levels and methods of potassium fertilizer application on growth and yield of eggplant. Journal of applied sciences research 3(1): 42-49.

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41: 109-117.

Gupta, C.R., and Sengar, S.S. 2000. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to nitrogen and potassium

fertilization in acidic soil of Bastar. Journal of Vegetation Science 27(1): 94-95.

Han, H.S., and Lee Supanjani, K.D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil and Environment 52(3): 130–136.

Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(2): 176-180.

Hanson, J.B. 1967. Roots selectors of plants nutrients. Plant food Rev. Spring P: 45-53.

Heinrichs, D.E., Rahn, A., Dale, S.E., and Sebulsky, M.T. 2004. Iron transport systems in pathogenic bacteria: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, and *Bacillus*. Pp. 387-401. In: crosa JH, Mey AR and Payne SM, (eds.) Iron Transport in Bacteria. American Society of Agronomy. Wisconsin, DC. Hort 731: 115-120.

Illmer, P., and Schinner, F. 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates.Soil Biol. Biochem 46: 257-263.

Jahan, M., Nasiri Mahalati, M., Salari, M. D. and Gorbani, V. R. 2010. The effects of time use of manure and use of bio-fertilizers on the quantity and quality types of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(4):726-737. (In Persian with English Summary).

Jeon, J.S., Lee, S. S., Kim, H. Y., Ahn, T. S. and Song, H. G. 2003. Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. Journal of Microbiology 41: 271-276

Kanai, S., Ohkura, K., Adu-Gyamfi, J.J., Mohapatra, P.K., Nguyen, N.T., Saneoka, H., and Fujita, K. 2007. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. Journal of Experimental Botany 58: 2917–2928.

Khorramdel, S., Koocheki, H.R., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of biological fertilizers on yield and components yield Nigella sativa medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)

Kloepper, J.W., Reddy, M.S., Rodríguez-Kabana, R., Kenney, D.S., Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N., and Vavrina, C.S. 2004. Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. Acta Horticulturae 631: 217–229.

Lester, G.E., and Jifon, J.L. 2007. Foliar applied potassium: Effects on cantaloupe quality. Acta Horticulturae 731: 115-120.

Lester, G.E., Jifon, J.L., and Makus, D.J. 2006. Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. Horticultural Science 41(3): 741-744.

Lester, G.E., Jifon, J.L., and Rogers, G. 2005. Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid, and beta-carotene contents. Journal of the American Society for Horticultural Science 130: 649–653.

Majumdar, S.P., Meena, R.L., and Baghel, G.D.S. 2000. Effect of levels of compaction and potassium on yield and quality of tomato and chilli crops grown on highly permeable soils. Journal of the Indian Society of Soil Science 48(2): 215-220.

Mikhailouskaya, N., Kurilovitch, N., and Djusova, S. 2003. The effect of phosphorus and potassium fertilization on the efficiency of flax bacterization. Pp. 43-47. Proceedings of the Latvia University of Agriculture. Jelgava. Latvia.

Nanadal, J.K., Ramesh, V., and Pandey, U.C. 1998. Effect of phosphorus and potassium on growth yield and quality of tomato. Journal of Potassium Research 14(1):44-49.

Okaz, A.M.A., El-Ghareib, E.A., Kadry, W., Negm, A.Y., and Zahran, F.A.F. 1994. Response of lentil plants to potassium and phosphorusapplication in newly reclaimed sandy soils. Proc. 6th Conf. Agron., Al-Azhar Univ., Cairo, Egypt, Sept. II: 753-771.

Olivera, M., Iribarne, C., and Lluch, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N_2 fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain.

Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. P. 403-430, In: Page, A.L. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Argon. Mongr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Padem, H., and Ocal, A. 1999. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. Acta Horticulturae 487: 159-164.

Patidar, M. 2001. Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its resideul effect on wheat (*Triticum aestivum*) Indian Jornal of agricultural Sciences 71 (9): 587 – 590.

Rodrigues, V.A., Mazza, S.M., Martinez, G.C., and Ferrero, A.R. 2005. Zn and K influence in fruit sizes of ‘Valencia’

orange. Revista Brasileira de Fruticultura 27(1): 132-135.

Rodriguez, H., and Frage, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17: 319-339.

Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour- Mohammadi, G. and Majidi, E. 2008. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 3 (2): 253-257.

Sahin, F., Kotan, R., Demirci, E., and Miller, S.A. 2000. Domates ve biber bakteriyel leke hastaligi ile biyolojik savasta actigard ve bazi antagonistlerin etkinligi. Ataturk Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi 31: 11-16.

Salantur, A., Ozturk, A., and Akten, S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Journal of Soil Environment 52(3): 111-118.

Salantur, A., Ozturk, A., Akten, S., Sahin, F., and Donmez, F. 2005. Effect of inoculation with nonindigenous and indigenous rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of sipring barley. Plant and Soil 275: 147-156.

Saleh Rastin, N. 1998. Biological fertilizers. Journal of Soil and Water Sciences 12: 1-36. (In Persian with English Summary)

Saleh Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture. Collection of Researches on the Necessi ty of Industria Production of Bio- fertilizers 1-54.

Sampaio, R.A. and Fontes, P.C.R. 2000. Composição química e qualidade de frutos do tomateiro em função da adubação potássica. Ciência Agrícola, Rio Largo 5(1):65-73.

Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83: 811-828.

Sheng, X.F., Zhao, F., He, L.Y., Qiu, G., and Chen, L. 2008. Isolation and characterization of silicate mineral solubilizing *Bacillus globisporus Q12* from the surfacees of weathered feldspar. Canadian Journal of Microbiology 54: 1064-1068.

Sugumaran, P., and Janarthanam, B. 2007. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. World Journal of Agricultural Science 3: 350-355.

Tandon, H.L.S. 1989. Fertilizer management in food crops. Fertilizer development and consultation organization. Journal of New Delhi India, p. 191-198.

Van Othman, W.M., Lio, T.A., Mannetje, L., and Wassink, G.Y. 1991. Low level phosphorus supply affecting nodulation, N2 fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Plant and Soil 135: 67-74.

Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. Plant and Soil 255: 571-586.

Wahyudi, A.T., and Astuti, R.I. 2011. Screening of pseudomonas sp. isolated from rhizosphere of soybean plant as plant growth promoter and bio-control agent. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 6(1): 134-141.

Waling, I., W.V. Vark, V.J.G. Houba, and J.J. Vanderlee. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University, the Netherland. P. 263.

Waluyo, S., Tek, H., Lie, and Mannetje, L. 2004. Effect of phosphate on nodule primordia of soybean (*Glycine max* Merrill) in acid soils in rhizotron experiments. Indonesian Journal of Agricultural Science 5: 37-44.

Yurtseven, E., Kesmez, G.D., and Unlukara, A. 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculentum*). Agricultural Water Management 78: 128-135.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Zaidi, A., and Khan, M.S. 2005. Interactive effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of wheat. Journal of Plant Nutrition 28: 2079-2092.

Zeidan, M.S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. Agricultural Research and Biological Sciences 3(6): 748-752.

Zekri, M., and Obreza, A. 2003. Plant nutrients for citrus trees, Soil and Water Science Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, fact sheet SL 200, January 2003.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 383-401

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 401-383

Evaluation the Effect of Inoculation Time of Plant Growth Promoting Rhizobacteira on Macroelements Uptake and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

M. Sheikhalipour[1], S.A. Bolandnazar[2*] and M.R. Sarikhani[2]

Submitted: 10-06-2017
Accepted: 16-10-2017

Sheikhalipour, P., Bolandnazar, S.A., and Sarikhani, M.R. 2019. Evaluation the effect of inoculation time of plant growth promoting rhizobacteira on macroelements uptake and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Agroecology 11 (2): 383-401.

Introduction

Poor soil fertility is one of the main problems that limit the successful agricultural production and the global economy. Therefore, it is necessary to regulate or correct poor soil fertility, by providing vital nutrients for optimum plant growth. Improving soil fertility through fertilizer can increase crop production per unit area. But excess use of chemical fertilizers, in addition to disrupting the biological balance, nutrition and physical properties of soils, causes to environmental hazards, pollution of surface and ground water resources. Biofertilizers can reinforcement soil fertility and provide the required plant nutrition with respect of sustainable agriculture. These organisms not only stimulate the growth of plants by helping the specific elements, but also reduce disease, improve soil structure and consequently increase the quantity and quality of their product. Pseudomonas, Bacillus, Azospirillum, Azotobater and Rhizobium are the most important plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Several mechanisms have been suggested by which PGPR can promote plant growth, including auxins, enhancing stress resistance, asymbiotic N2 fixation, solubilization of inorganic phosphate, mineralization of organic phosphate or other nutrients and inhibiting the growth of pathogenic microorganisms.

Materials and methods

In order to determine the best time of application of *Pseudomonas* ssp. strains (sp.S10-1 + sp.S19- , sp.S14-3 + sp.S19-1 , sp.S19-1+ sp.S21-1) as a plant growth promoting rhizobacteria on growth and nutritional characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Super Chief) an experiment based on randomized complete block designed with 8 treatments and 3 replications in field of research station Khalatpoushan Faculty of Agriculture, Tabriz University. Treatments used in this experiment included: 1- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S10-1 + Pseudomonas sp.S19-1 during seed planting in the nursery, 2- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S14-3+*Pseudomonas* sp. S19-1 during seed planting in the nursery, 3- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S19-1+Pseudomonas sp.S21-1 during seed planting in the nursery, 4- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S10-1 + Pseudomonas sp.S19-1 during planting seedlings in the main land, 5- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S14-3+Pseudomonas sp.S19-1 during planting seedlings in the main land, 6- Inoculation with Pseudomonas bacteria sp.S19-1+Pseudomonas sp.S21-1 during planting seedlings in the main land, 7- control treatment without bacteria inoculation, 8- fertilizer treatment (according to the soil test).

Results and discussion

The result showed that the effects of the timing of bacteria inoculation on tomato characters such as yield, fruit size and the percentage of marketable fruit, percentage of K, vitamin C is meaningful and the highest amount of yield, fruit size, the percentage of marketable fruit, percentage of K in fruit was in T2 treatment

1- MSc Former Student of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
2- Professor, Department of Horticultural, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
3- Associate Professor, Department of Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: bolandnazar@tabrizu.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.64681

concluded (4130.9 $g.m^{-2}$ and 60.22 and 31.18 and 4.7 $mg.g^{-1}$) respectively and the highest amounts of the vitamin C in T_3 treatment as 7.02 mg 100 g^{-1} fruit weight. However the other measured traits, including percentage of percentage of N, P in plant leaves, length and diameter of fruit and percentage of the dry matter did not affected by the timing of bacteria inoculation. According to the result timing of bacteria inoculation has a significant effect on yield and quality improvement of tomato.

Conclusion

The results of this research showed that tomato seed inoculation with the *Pseudomonas* ssp. strains including (sp.S10-1 + sp.S19-1 , sp.S14-3 + sp.S19-1 , sp.S19-1+ sp.S21-1) compared with soil inoculation of *Pseudomonas* ssp. strains significantly increased yield, vitamin C, potassium content of fruit and percentage of marketable fruit. However, the increase in the amount of potassium, phosphorous and nitrogen concentration in plant leaves was not significant. In addition to increasing the yield and quality of tomato, tomato seed inoculation with the *Pseudomonas* ssp. strains compared with soil inoculation with the strains Pseudomonas is considered a better method.

Keywords: Biological fertilizers, Nitrogen, *Pseudomonas*, Potassium, Phosphor